**I. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН**

Борисюк Д. В.

Яцковський В. І.

**Вінницький
національний
аграрний
університет**

Borysyuk D. V.

Yatskovskyy V. I.

**Vinnitsia National
Agrarian University**

УДК 62-752 (075.8)

**СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТА
АНАЛІЗУ ВІБРАЦІЇ, УДАРУ І ШУМУ**

Анотація. У статті пропонується розглянути системи для вимірювання та аналізу вібрації, які являють собою сукупність пристроїв, що забезпечують розв'язання комплексу задач, які стоять перед дослідниками при вивченні впливу вібрації на різні об'єкти. Коротко описані існуючі системи для вимірювання та аналізу вібрації, удару і шуму.

Наведено принцип роботи систем для вимірювання та аналізу вібрації, удару і шуму, особливості їх конструкційних схем та основні переваги в роботі. Подано характеристику найпростішої вузько цільової системи, багатофункціональної системи, аналого-цифрової системи, автоматизованої системи вимірювання та аналізу вібрації, системи багатоканального вимірювання та аналізу вібрацій. Розглянуто процес вимірювання та аналізу вібрації кожної системи, їх переваги та недоліки. Проаналізовано методи гістограми розподілу рівнів вібрації, частотного аналізу вібрації, спектрального аналізу, амплітудно-часового аналізу і метод модуляційних характеристик.

Ключові слова: вібрація, удар, шум, вузько цільова система, багатофункціональна система, аналого-цифрова система, спектральний аналіз, амплітудно-часовий аналіз, віброакустична діагностика.

Вступ. Системи вимірювання та аналізу вібрації являють собою сукупність пристроїв, що забезпечують розв'язання комплексу задач, які стоять перед дослідниками при вивченні впливу вібрації на різні об'єкти, відпрацюванні рівномірних конструкцій, випробуванні виробів на міцність і вібростійкість, а також при вібродіагностуванні.

Вони можуть бути розділені на окремі групи:

- найпростіші вимірювальні вузькоцільового призначення;
- вимірювальні багатофункціональні;
- аналого-цифрові;
- автоматизовані системи [1].

Основна частина

1. Найпростіші вузько цільові системи. Вони містять віброперетворювач, вимірювальний блок і призначені для вимірювання окремих параметрів вібрації. Ці системи звичайно застосовуються для окремих вібрацій в польових умовах. Оскільки вони мають невисокі технічні дані і швидкість, у них можуть використовуватися узгоджуючі підсилювачі, які дають інформацію про переміщення, швидкості, прискорення на дискретних частотах вібрації. При цьому

передбачають, що форма вібрації є близькою до синусоїдальної.

Схема найпростішої вузькоцільової системи наведена на рис. 1, де 1 - віброперетворювач; 2 - віброметр з підсилювачем заряду; 3 - динамічний аналізатор; 4 - слідкуючий фільтр; 5 - розгортальний генератор; 6 - двокоординатний самопис.

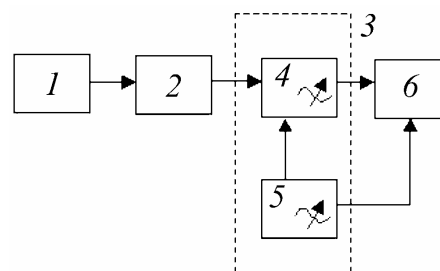
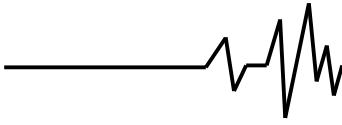


Рис. 1. Схема найпростішої вузько цільової системи

2. Гістограма розподілу рівнів вібрації.

Для діагностики електромеханічного обладнання важливим є частотний аналіз.

Для статистичного аналізу рівня сигналу використовують аналізатор статистичного



розподілу. На рис. 2 наведений приклад гістограми розподілу рівнів вібрації.

На рис. 3 показана система, в якій частотний аналіз виконується супровідним аналізатором з постійною шириною смуги частот (для електродів), де 1 - віброперетворювач; 2 - передпідсилювач; 3 - вимірювальний підсилювач; 4 - гетеродинний супровідний фільтр; 5 - самопис рівня; 6 - помножувач спряжених частот; 7 - тахометр.

Іноді здійснюється запис на магнітну стрічку.

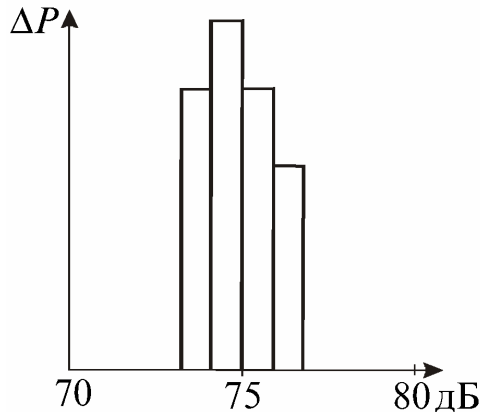


Рис. 2. Гістограма розподілу рівнів вібрації

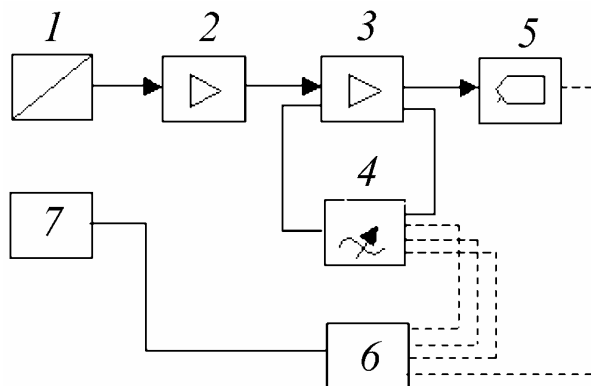


Рис. 3. Система, в якій частотний аналіз виконується супровідним аналізатором з постійною шириною смуги частот

Вхідні і вихідні імпеданси та рівні сигналів у загальному випадку узгоджуються за допомогою перехідних пристроїв, а в деяких випадках, наприклад в агрегатних системах фірм "Брюль і К'єр" (Данія) та "Едевка" (США), ці параметри узгоджені з метою полегшення їх взаємоз'єднання.

3. Багатофункціональні системи.

Для вимірювання та аналізу вібрації аналоговими засобами, цифрової обробки результатів і отримання на виході гістограм розподілу рівнів вібрації, фазових діаграм, частотної і часової залежності рівня або фази

вібрації використовують багатофункціональні системи. Схема багатофункціональної системи показана на рис. 4.

Ці системи дозволяють виконувати вимірювання вібрацій, а також формувати сигнали, близькі до реальних нестационарних випадкових сигналів, які потім відтворюються вібратором.

За допомогою генератора 1 широкосмугових випадкових сигналів можна отримувати нормальні широкосмугові випадкові вібропроцеси з необхідним енергетичним спектром, вузькосмугові випадкові вібропроцеси, забарвлений і смуговий шум, полігармонічні сигнали; вносити зміни в спектр вібропроцесів, що генеруються для компенсації спотворень, створюваних випробним обладнанням.

Генератор 2 сукупності спеціальних сигналів формує полігауссові і майже періодичні випадкові вібропроцеси. Блок задання нестационарності, встановлений в генераторі 2, дозволяє в реальному масштабі часу керувати параметрами вібропроцесів і генерувати програмні сигнали.

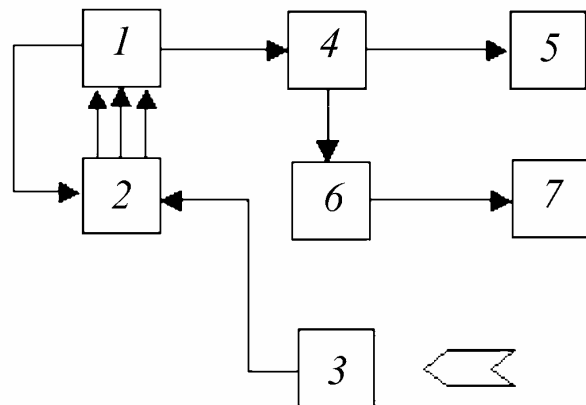


Рис. 4. Схема багатофункціональної системи

4. Аналого-цифрові системи.

Аналого-цифрові системи мають пристрої, що перетворюють аналоговий сигнал у цифровий і навпаки. Схема такої системи показана на рис. 5.

Система може виконувати спектральний аналіз випадкової вібрації, визначати автокореляційну і взаємну кореляційну функції, вимірювати передавальні функції, аналізувати вібрацію за спектральною, взаємною спектральною і квадратичною спектральною щільністю, виконувати аналіз резонансних частот.

Аналого-цифрова система НМВ (Японія) виконує вказані функції в діапазоні частот 0...25 кГц, результати виводяться на моніторі.

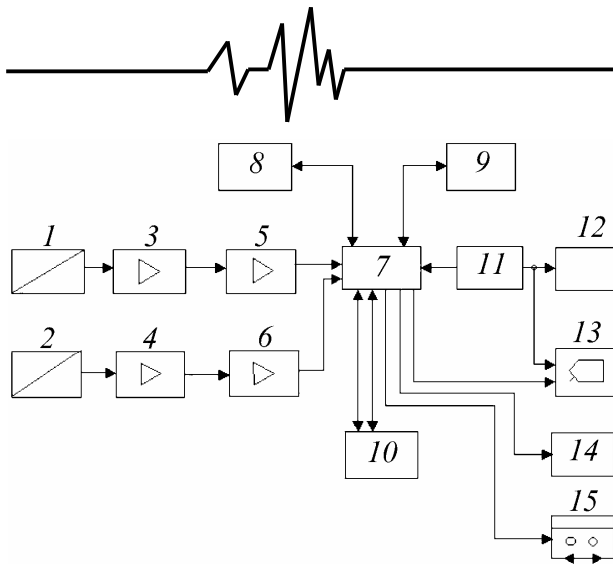


Рис. 5. Схема аналого-цифрової системи

Для вимірювання та аналізу випадкової вібрації розроблені системи, в яких використані цифрові корелятори. Вони побудовані відповідно до алгоритму, в якому визначення кореляційної функції здійснюється за дискретними значеннями досліджуваного процесу. При цьому автокореляційну функцію визначають із співвідношення

$$R_x(\tau) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^n x_i(t)x_i(t+\tau). \quad (1)$$

Алгоритм дисперсії має вигляд

$$D[x(t)] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^n x_i^2, \quad (2)$$

де n - параметр усереднення.

При реалізації виразів (1) і (2) можна досягнути високої точності.

Структурна схема системи для визначення та аналізу параметрів вібрації шляхом вимірювання автокореляційної і взаємної кореляційної (функції наведена на рис. 5. де 1, 2 - віброперетворювачі; 3, 4 - передпідсилювачі заряду; 5, 6 - вимірювальні підсилювачі; 7 - пульт керування; 8 - блок вимірювання передавальних функцій; 9 - блок вимірювання функції щільності ймовірності; 10 - швидкодіючий корелятор; 11 - блок проміжної пам'яті; 12 - електронно-променевий осцилограф; 13 - самопис рівня; 14 - графопобудовник; 15 - телетайп.

Ця система розроблена фірмою ДИК (Японія) для аналізу вібрацій.

5. Автоматизовані системи вимірювання та аналізу вібрації.

Ці системи належать до класу автоматизованих систем керування (АСК), які оперативно переробляють інформацію і видають керуючі впливи на об'єкт керування. При побудові АСК необхідно розробити

алгоритм процесу перетворення початкових даних у шуканий результат за скінченне число дискретних інтервалів часу і вибрати відповідні технічні засоби, здатні реалізувати вказані алгоритми. У цих системах широко використовуються ЕОМ.

АСК поділяють на три групи: в першій ЕОМ використовують для оперативної обробки сигналів, у другій ЕОМ обробляє сигнали і видає сигнал кореляції при зміні режиму випробувань, до третьої відносять повністю автоматизовані системи, в яких ЕОМ включені в ланцюг зворотного зв'язку. Такі системи використовують для обробки, аналізу і керування всім режимом роботи за програмою досліджень.

Найпростіші АСК оперативно вимірюють, аналізують характерні вібрації і порівнюють їх з еталонними.

6. Частотний аналіз вібрації. На рис. 6 зображена схема частотного аналізу вібрації, де 1 - віброперетворювач; 2 - передпідсилювач; 3 - частотний спектрометр; 4 - самопис рівня; 5 - цифровий кодувальний пристрій; 6 - перфострічка; 7 - перфострічка; 8 - зчитуючий пристрій; 9 - обчислювальна машина; 10 - телетайп. Така система дозволяє реєструвати частотний спектр на діаграмній стрічці самописа рівня та одночасно перфорувати дані про рівень вібрацій в кожній частотній смузі на паперову стрічку.

Для вимірювання та аналізу вібрації в реальному масштабі часу використовують метод паралельного частотного аналізу.

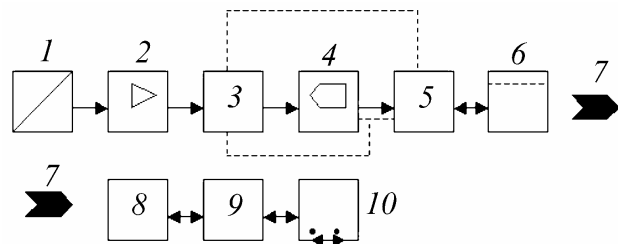


Рис. 6. Схема частотного аналізу вібрації

На рис. 7 зображена схема паралельного частотного аналізу, де 1 - віброперетворювач; 2 - передпідсилювач; 3 - аналізатор у реальному масштабі часу; 4 - самопис рівня; 5 - перехідний пристрій; 6 - обчислювальна машина; 7 - телетайп.

Повний спектр вібрацій в смугах частот, число яких залежить від кількості фільтрів аналізатора, відображається безпосередньо на екрані монітора аналізатора 3.

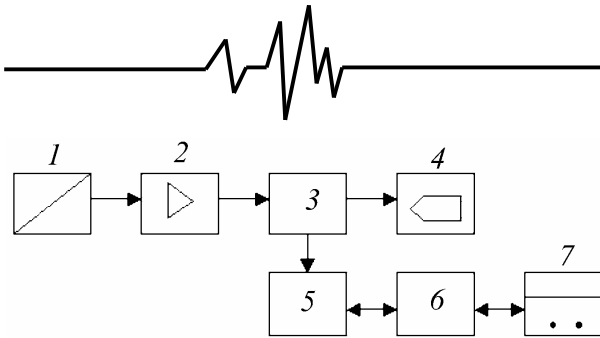


Рис. 7. Схема паралельного частотного аналізу вібрації

7. Система багатоканального вимірювання та аналізу вібрацій.

Принципова схема системи багатоканального вимірювання та аналізу вібрацій наведена на рис. 8. Система має перехідний пристрій, призначений для узгодження виходів вимірювальної апаратури з входами обчислювального комплексу. Крім того, в систему введені модуль керування комутаторами обчислювального комплексу, аналого-цифровий перетворювач (АЦП), пристрої введення-ви-ведення з клавіатурою.

На рис. 8 є такі позначення: 1 - об'єкт керування з вібростендом і віброперетворювачами; 2 - апаратура ПВ-10К; 3 - перехідний пристрій; 4 - обчислювальний комплекс М-6000; 5 - підсилювач потужності; 6 - система керування вібраційними установками; 7 - пристрій введення перфострічки; 8 - пристрій виведення перфострічки; 9 - аналогоцифровий перетворювач; 10 - модуль керування комутаторами; 11 - пристрій друку з клавіатурою.

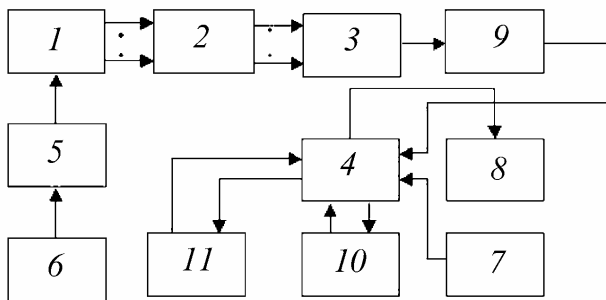


Рис. 8. Схема системи багатоканального вимірювання та аналізу вібрацій

8. Спектральний аналіз.

Апаратура спектрального віброакустичного аналізу повинна забезпечувати можливість обробки електричних сигналів з різних електромеханічних перетворювачів, що використовуються в кожному окремому випадку діагностики з метою отримання більш інформативних даних з п'єзоелектричних або електромагнітних датчиків сили, тиску,

кінематичних величин вібрації, тензодатчиків [3].

Апаратура повинна забезпечувати можливість проведення вимірювань спектральних характеристик вібрації з виконанням багатоканального синхронного і синфазного аналізу. Це дозволяє за розподілом у просторі амплітуди вібрації на досліджуваній частоті здійснювати локалізацію інтенсивного джерела, оскільки звичайно біля такого джерела рівні вібрації мають великі значення; отримувати інформацію про фазові і кореляційні співвідношення між коливаннями різних точок або між силами, що діють у різних вузлах. Ця інформація допомагає виявити особливості динамічних процесів у механізмі, форми його коливальні і побудувати математичну діагностичну модель.

Указані дослідження можуть бути виконані вимірювальним комплексом. На блок-схемі установки з аналоговою обробкою спектральних характеристик вібрації (рис. 9) 1 - датчики; 2 - передпідсилювачі; 3 - комутатори; 4 - вимірювальні підсилювачі; 5 - аналізатори; 6 - фазообертач; 7 - вимірники взаємних спектрів; 8 - середньоквадратичні детектори; 9 - аналізатор обвідних; 10 - багатоканальний АЦП; 11 - ЕОМ; 12 - багатоканальний магнітофон.

Застосування магнітофонів особливо продуктивне при віброакустичному контролі механізмів у короткочасних динамічних режимах, коли складно обробити великий обсяг інформації під час роботи механізму.

Для оперативного нагромадження та обробки інформації про стан механізмів необхідне застосування ЕОМ і спеціалізованих цифрових пристроїв.

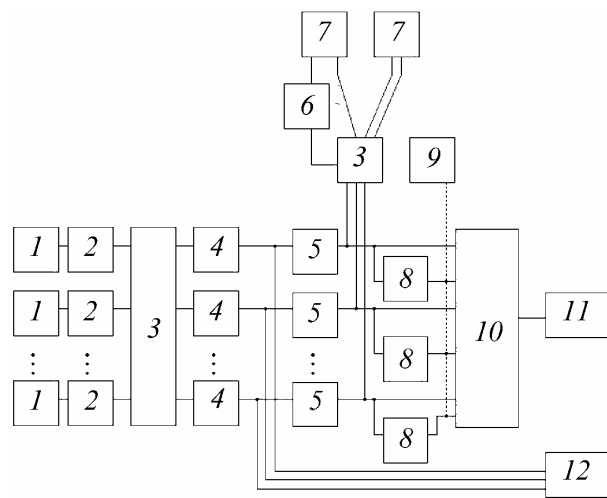
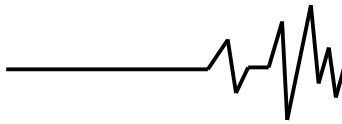


Рис. 9. Блок-схема установки з аналоговою обробкою спектральних характеристик вібрації



Використовуючи ЕОМ, можна отримати: розподіл миттєвих значень напружень з перетворювачів; усереднений за точками частотний спектр; максимальні значення спектральних складових і спектрів у кожній контрольованій точці; дисперсії амплітуд вібрації за точками на механізмі; закономірності зміни вібраційних характеристик на різних режимах роботи механізму. Знання закономірностей наростання рівнів вібрації, зумовленої процесами різної фізичної природи в окремих вузлах (механічного походження в підшипниках, аерогідродинамічного в лопаткових апаратах і т.д.), дозволяє виявляти джерела вібрації даного механізму; спектри вібрації установки при почерговому запуску окремих механізмів. Порівняння цих частотних спектрів між собою та зі спектром установки під час роботи всіх механізмів дозволяє локалізувати механізми - джерела вібрації на окремих частотах; кореляційні і регресійні характеристики випадкових процесів. Одним з перспективних напрямів є використання пристроїв аналізу просторових вібрацій, заснованих на методі цифрової обробки.

Блок-схема установок з цифровою обробкою спектральних характеристик вібрації, показана на рис. 10, містить багатоканальний перетворювач аналогових сигналів з попередніх підсилювачів для введення цифрової інформації в магістраль. Обробка інформації здійснюється за допомогою ЕОМ з відповідним математичним забезпеченням. Необхідна інформація для аналізу (зразки, моделі, дані про допустимі рівні і т.д.) зберігається в блоці пам'яті 13 за допомогою блока керування 14. Інші позначення такі самі, як на рис. 9.

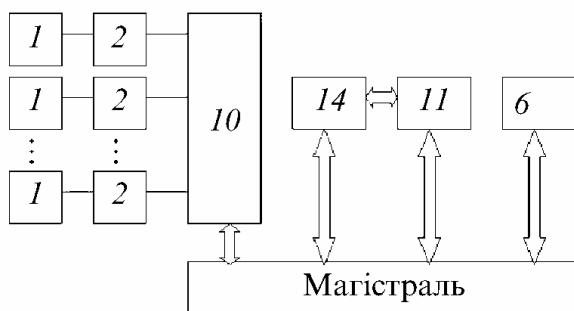


Рис. 10. Блок-схема установки з цифровою обробкою спектральних характеристик вібрації

9. Амплітудно-часовий аналіз.

При аналізі вібраційних сигналів циклічних механізмів найбільш ефективним є амплітудно-часовий метод аналізу.

Цей метод відрізняється простою апаратною реалізацією при максимальній

глибині діагностування, оскільки є проста й однозначна залежність окремих параметрів часової реалізації вібраційних сигналів механізму від його структурних параметрів.

Як інформація використовуються параметри інтенсивності сигналу вібрації, обробка якого полягає у виділенні відповідного вібраційного імпульсу з його суміші з шумом і в просторовому розділенні сигналів, яке забезпечується розміщенням датчиків у місцях, де сигнал найбільше виявляється.

Імпульси співдудару деталей в різнойменних кінематичних парах механізму характеризуються різною тривалістю і, отже, різними спектрами. Подальше розділення сигнал/шум можливе за рахунок розділення сигналів кінематичних пар у частотній області, що забезпечує виділення таких складових або ділянок спектра сигналу, які тісно пов'язані з технічним станом відповідної групи однойменних кінематичних пар. При цьому використовується параметр діагностування - середньоквадратичне значення вібрації в смузі частот $L(\Delta\omega)$.

У залежності від значення параметра $L(\Delta\omega)$ змінюється алгоритм діагностування механізму. Наприклад, якщо параметр $L(\Delta\omega)$ не перевищує задане значення, то можливий перехід до визначення технічного стану наступної групи однойменних кінематичних пар.

У тих випадках, коли параметр $L(\Delta\omega)$ перевищує задане значення, в процедурі діагностування переходять до визначення технічного стану окремих кінематичних пар. Тому необхідна подальша обробка сигналу, пов'язана з виділенням окремого вібраційного імпульсу з їх послідовності.

Стробування сигналу здійснюється при його часовій селекції. Заглушується перешкода поза стробом. "Часове вікно" задається на виділеній ділянці сигналу.

Методами детектування складової обвідної вібраційного імпульсу є просторове розділення, частотна фільтрація, часова селекція.

На блок-схемі системи віброакустичної діагностики (рис. 11) 1 - датчики; 2 - передпідсилювачі; 3 - комутатор; 4 - вимірювальний підсилювач; 5 - смугові фільтри; 6 - детектори середньоквадратичного значення; 7 - комутатор; 8 - синхронізатор вимірювань; 9 - перетворювач напруження-код; 10 - датчик початку циклу; 11 - датчик частоти обертання; 12, 13 - уніфікуючі перетворювачі; 14 - помножувач частоти; 15 - перетворювач фаза-код; 16 - блок обробки; 17 - блок відображення інформації.

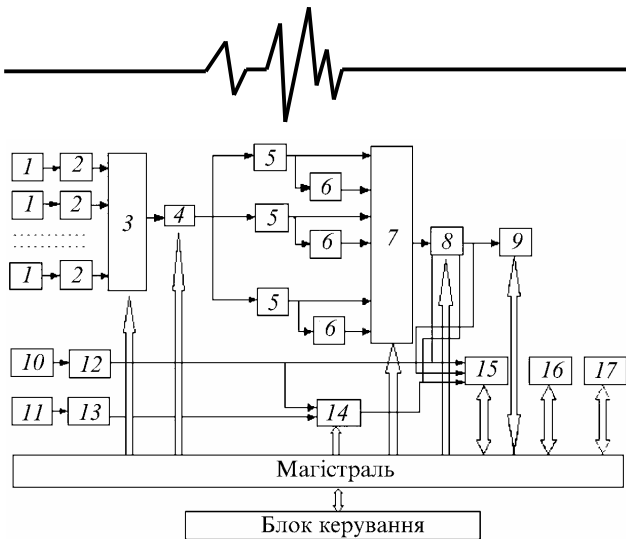


Рис. 11. Блок-схема системи віброакустичної діагностики

Кожен з елементів системи виконує певні функції:

- передпідсилювачі уніфікують сигнали за видом і рівнем;

- вимірювальний комутатор здійснює просторове розділення сигналів, сформованих різними кінематичними парами. При цьому комутатор підключає один із вхідних сигналів на свій вихід відповідно до коду адреси, що надходить по магістралі з виходу блока керування. Смугові фільтри і детектори з'єднані з вимірювальним комутатором, який вибирає сигнали відповідно до коду блока керування;

- вимірювальний підсилювач вимірює коефіцієнт посилення згідно з програмою блока керування та уніфікує сигнал за рівнем;

- синхронізатор вимірювань здійснює часову селекцію, підключає на свій вихід сигнал тільки в термін заданого інтервалу стробувального імпульсу;

- датчики початку циклу і частоти обертання виконують фазову селекцію, вимірювання фазового параметра сигналу відносно початку циклу роботи об'єкта;

- помножувачі частоти множать частоту на заданий коефіцієнт за програмою;

- блок обробки реалізує синхронне нагромадження даних.

Кожному інформаційному параметру додається певний ваговий коефіцієнт, а значення структурного параметра механізму знаходять з рівняння

$$X = C_0 + \sum C_i Y_i, \quad (3)$$

де C_0 - стала величина; C_i - коефіцієнт рівняння регресії, що характеризує зв'язок структурного параметра об'єкта з i -ю інформативною ознакою; Y_i - значення i -ї інформативної ознаки.

10. Метод модуляційних характеристик. Мета модуляції - виявити частку окремих сил у створенні загальної вібрації електромеханічного обладнання.

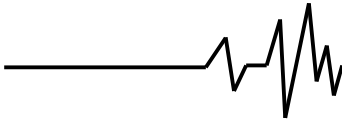
Модуляція вібраційних процесів необхідна у зв'язку з виявом нелінійних властивостей системи, а також змін параметрів кінематичних пар та інших передавальних ланок на шляху поширення вібрації від місць її виникнення до випромінюючої поверхні механізму або установки. Наприклад, передавання на статорну конструкцію сил незрівноваженості відбувається через підшипникові вузли (ковзання або кочення), які змінюють свою жорсткість і передавальні властивості при обертанні ротора за наявності дефектів шийки ротора, опори підшипника, кульок і т.д. У результаті модулюється амплітуда дисбалансних складових з частотами зміни параметрів підшипникових вузлів. Іншим прикладом є зміна швидкості обертання зубчастих коліс через нерівномірність і неідентичність форм зубців. Це приводить до амплітудної, фазової і частотної модуляції зубцевої складової. Вона модулюється також частотою обертання колеса, тому що дисбалансні сили, змінюючи положення колеса в просторі, впливають і на міру зачеплення зубців.

Дисбалансна складова вібрації ротора в електродвигуні впливає на зазори між магнітними полюсами, а в насосі - між направляючим і обертаючим лопатковими апаратами. Це приводить до модуляції магнітних і лопаткових складових вібрації.

Особливості модуляційних процесів суто індивідуальні для окремих вузлів і кінематичних пар механізмів. Цю властивість можна використати при розшифровці вібраційного процесу механізму або установки на частотах, характерних для кількох джерел вібрації. Результуюча вібрація на частоті, на якій необхідно визначити внесок джерел, має спектр модуляції, що є суперпозицією модуляційних спектрів окремих джерел.

Якщо модуляційні характеристики вібрації в районі різних джерел статистично не пов'язані і немає взаємних наведень вібрації між джерелами, то частка k -го джерела в створенні загальної вібрації на частоті ω або в смузі частот $\Delta\omega$ може бути визначена за формулою

$$C_j^k = \sqrt{\frac{m_j^k}{m_j^\Sigma}}, \quad (4)$$



де m_j^k і m_j^Σ - коефіцієнти глибини модуляції відповідно в районі k -го джерела і на контрольній поверхні механізму або установки. За наявності статистичного зв'язку між модулюючими процесами доцільно при визначенні частки джерел $C_j^k(\omega)$ звертатися до спектрів модуляції. Аналізуючи спектри обвідних вібрації в районі окремих джерел, можна виділити частоту ω_M модуляції, властиву окремому k -му джерелу. На цій частоті спектра обвідної частка C_j^k може бути визначена за формулою

$$C_j^k(\omega) = \sqrt{\frac{m_j^k \omega_M}{m_j^\Sigma \omega_M}} \quad (5)$$

На рис. 12 показана блок-схема пристрою для вимірювання амплітудно-модульованих спектрів вібрації, де 1 - вимірювальний магнітофон; 2, 9 - вимірювальні підсилювачі; 3, 10 - фільтри; 4 - амплітудний детектор обвідної; 5 - підсилювач середніх значень; 6 - фільтр низьких частот; 7 - підсилювач; 8 - магнітофон; 11 - самопис; 12, 13 - генератори.

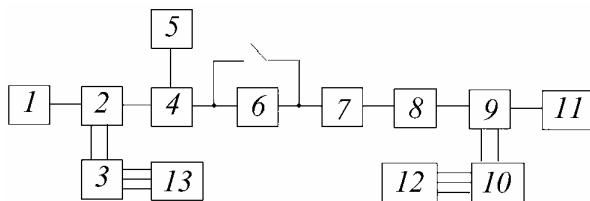


Рис. 12. Блок-схема пристрою для вимірювання амплітудно-модульованих спектрів вібрації

Для гармонічних сигналів коефіцієнт глибини модуляції являє собою відношення амплітуди модулюючого коливання до амплітуди коливань несучої частоти.

У реальних сигналах як коефіцієнт глибини модуляції використовують відношення ефективного значення модулюючого сигналу (обвідної) до середнього значення сигналу на несучій частоті.

Висновки

Найпростіші вимірювальні системи вузькоцільового призначення видають інформацію у вигляді іменованих чисел або їх відношень, що є безпосередніми результатами прямих, непрямих або сукупних вимірювань.

Багатофункціональні системи дозволяють вимірювати параметри вібрацій, здійснювати частотний аналіз і аналіз функції розподілу, обчислювати функції кореляції тощо.

Аналого-цифрові системи обробляють інформацію, що вводиться в аналоговому або цифровому вигляді, і надають результати оператору для її корегування.

Список використаних джерел

1. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: справочник в 2 т. /Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.В. Ключева. - М.: Машиностроение, 1978. - Т. 1. - 448 с.; Т. 2. - 439 с.
2. Гуров А.П. Вибродіагностика: навчальний посібник / А.П. Гуров, Д.Ю. Шарейко. - Миколаїв: УДМТУ, 2003. - 116 с.
3. Попков В.И. Виброакустическая диагностика в судостроении / В.И. Попков, Э.Л. Мышинский, О.И. Попков. - Л.: Судостроение, 1983. - 256 с.

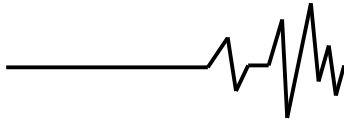
Список джерел в транслітерації

1. Pribory y systemy dlya yzmerenyya vybratsyy, shuma y udara: spravochnyk v 2 t. /Pod red. d-ra tekhn. nauk, prof. V.V. Klyueva. - M.: Mashyno-stroenye, 1978. - T. 1. - 448 s.; T. 2. - 439 s.
2. Gurov A.P. Vıbrodıagnostika: navchal'niy posıbnik / A.P. Gurov, D.YU. Shareyko. - Mikolaıv: UDMTU, 2003. - 116 s.
3. Popkov V.I. Vibroakusticheskaya diagnostika v sudostroyenii / V.I. Popkov, E.L. Myshinskiy, O.I. Popkov. - L.: Sudostroyeniye, 1983. - 256 s.

СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ И АНАЛИЗА ВИБРАЦИИ, УДАРА И ШУМА

Аннотация. В статье предлагается рассмотреть системы для измерения и анализа вибрации, которые представляют собой совокупность устройств, обеспечивающих решение комплекса задач, стоящих перед исследователями при изучении воздействия вибрации на различные объекты. Кратко описаны существующие системы для измерения и анализа вибрации, удара и шума.

Приведены принцип работы систем для измерения и анализа вибрации, удара и шума, особенности их конструктивных схем и основные преимущества в работе. Дана характеристика простейшей узкоцелевой системы, многофункциональной системы,



аналого-цифровой системы, автоматизированной системы измерения и анализа вибрации, системы многоканального измерения и анализа вибраций. Рассмотрен процесс измерения и анализа вибрации каждой системы, их преимущества и недостатки. Проанализированы методы гистограммы распределения уровней вибрации, частотного анализа вибрации, спектрального анализа, амплитудно-временного анализа и метод модуляционной характеристик.

Ключевые слова: вибрация, удар, шум, узко целевая система, многофункциональная система, аналого-цифровая система, спектральный анализ, амплитудно-временной анализ, виброакустическая диагностика.

MEASUREMENT AND ANALYSIS SYSTEM OF VIBRATION, SHOCK AND NOISE

Annotation. The article proposes a review of the system for measuring and analyzing vibration which are a set of devices that solve complex problems faced by researchers in

studying the effects of vibration on different objects. Briefly describes the current systems for measuring and analyzing vibration, shock and noise.

Shows the principle of systems for measurement and analysis of vibration, shock and noise characteristics of their structural schemes and the main benefits of the work . The characteristic simplest narrowly target system, multi- system analog- digital systems, automated measurement and analysis of vibrations of multichannel measurement and analysis of vibrations. The process of measuring and analyzing vibration of each system, their advantages and disadvantages. The methods of distribution histogram levels vibration frequency vibration analysis, spectral analysis, amplitude-time analysis and the method of modulation characteristics.

Key words: vibration, shock, noise, narrow target system, multi-system, analog-digital system, spectral analysis, amplitude-temporal analysis, vibroacoustic diagnostics.